

# Физическая аппаратура и ее элементная база

УДК 535.31:535.24

## Измеритель мощности излучения ближней части УФ-диапазона

А. А. Ащеулов, В. К. Бутенко, И. В. Докторович, А. Х. Дунаенко, В. Д. Фотий  
КТБ "Фотон-Кварц", г. Черновцы, Украина

*Приведены конструкция и характеристики разработанного ультрафиолетового радиометра (УФР) на спектральный диапазон 300–400 нм с неравномерностью спектральной чувствительности, не превышающей 5 %.*

Радиометрические измерения находят широкое применение во многих областях науки и техники: спектрофотометрия, астрофизические измерения в космосе, спектрозональные исследования Земли, медико-биологические исследования, создание новых технологий и др. Отличительной характеристикой потока УФ-излучения является большой динамический диапазон — девять и более порядков. Измерение энергии малых и больших уровней сопряжено с возрастанием погрешности измерения до 15–20 %. На величину энергетической погрешности также существенно влияет погрешность, обусловленная неравномерностью спектральной чувствительности фотоприемника.

Известные радиометры, состоящие из радиометрической головки и электронного блока измерения, "Кварц-01" для диапазона 250–1050 нм [1], Dual-Channel Optical Power Meter 2930-C (190–1800 нм) [2], характеризуются малым значением крутизны коротковолнового края поглощения. Кроме того, измерение потока излучения в узком диапазоне ( $\Delta = 50\text{--}100$  нм) требует предварительной калибровки указанных выше радиометров на требуемый диапазон, что также приводит к увеличению погрешности измерения.

Описываемый в настоящей статье УФР, функциональная схема которого приведена на рис. 1, предназначен для измерения потока излучения в диапазоне 300–400 нм.

Конструктивно УФР состоит из радиометрической головки, держателя, тубуса (блок 1) и электронного блока. Электронный блок включает в себя узлы 2, 3, 4 и 5, корпус его выполнен из пластмассы и имеет размеры 210×150×75 мм.

Поток УФ-излучения направляется через тубус на фоточувствительную площадку фотодиода, встроенного в радиометрическую головку. Генерируемый фототок преобразуется ПТН в пропорциональное напряжение постоянного тока. Аналоговое значение напряжения преобразу-

ется блоком АЦП-1 в цифровой код, который выводится на индикатор ЖКИ.

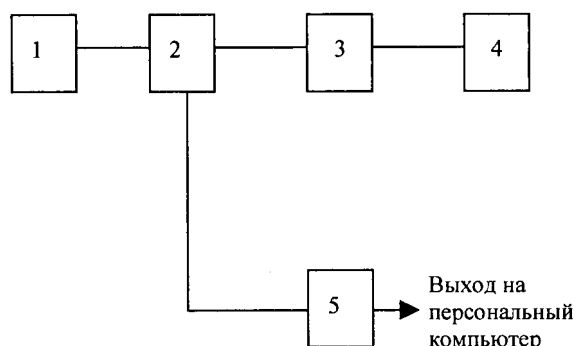


Рис. 1. Функциональная схема УФР:

1 — головка радиометрическая; 2 — преобразователь ток — напряжение (ПТН); 3 — аналого-цифровой преобразователь (АЦП-1); 4 — жидкокристаллический индикатор (ЖКИ); 5 — аналого-цифровой преобразователь (АЦП-2)

АЦП-2 преобразует напряжение постоянного тока в 12-разрядный код, который подается на персональный компьютер. Расчет значения измеряемого напряжения в десятичном коде производится персональным компьютером при считывании измеряемого значения сигнала.

Конструкция радиометрической головки представлена на рис. 2.

В разработанном УФР применен фотоприемник, диодная структура которого выполнена на основе монокристалла фосфида галлия [3]. Эффективная фоточувствительная площадь GaP-фотодиода равна 81 мм<sup>2</sup>, темновой ток при  $U_p = 0,01$  В не более 10 нА, типовые значения статической токовой монохроматической чувствительности составляют около 0,25 А/Вт на длине волны  $\lambda = 440$  нм и 0,09 А/Вт при  $\lambda = 250$  нм. Для формирования рабочего спектрального диапазона 300–400 нм проведена корректировка спектральной чувствительности фотодиода путем применения в конструкции головки пяти дисков

соответствующей толщины из оптического стекла различных марок. Применение такого корректирующего фильтра позволило получить неравномерность чувствительности в рабочем диапазоне 300—400 нм не более 5 %.

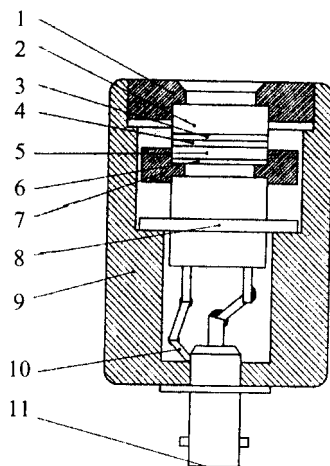


Рис. 2. Схематическая конструкция радиометрической головки:

1 — крепежная гайка; 2—6 — стеклянные диски; 7 — втулки; 8 — фотоприемник; 9 — корпус; 10 — соединительные провода; 11 — разъем

Радиометрическая головка состоит из металлического корпуса, в котором последовательно размещен оптический фильтр, состоящий из стеклянных дисков, фотоприемника, и электрических выводов, соединенных с разъемом. Фиксация фотоприемника и набора стеклянных дисков проводится с помощью гайки и втулки. Электрические выводы фотоприемника соединяются с корпусным контактом и разъемом.

Относительная спектральная характеристика чувствительности разработанной радиометрической головки и GaP-фотодиода приведена на рис. 3. Измерения относительной спектральной чувствительности проводились на универсальном спектральном комплексе КСВУ-23 методом сравнения спектральных характеристик радиометрической головки УФР с характеристикой образцовой измерительной головки. В качестве образцового фотодиода использовался фотодиод типа ФД-288, аттестованный во ВНИИОФИ (Москва).

Значение уровней относительной спектральной характеристики чувствительности соответствуют:

$$\begin{aligned} \lambda'_{0,1} &= (290 \pm 5) \text{ нм}; \\ \lambda''_{0,9} &= (380 \pm 10) \text{ нм}; \\ \lambda'_{0,5} &= (300 \pm 5) \text{ нм}; \\ \lambda''_{0,5} &= (400 \pm 5) \text{ нм}; \\ \lambda'_{0,9} &= (310 \pm 5) \text{ нм}; \\ \lambda''_{0,1} &= (420 \pm 10) \text{ нм}. \end{aligned}$$

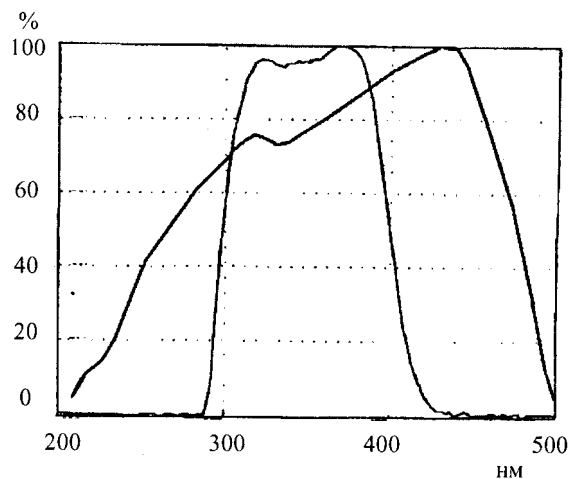


Рис. 3. Относительная спектральная характеристика чувствительности радиометрической головки УФР и GaP-фотодиода

Для регистрации малых по величине фототоков необходимо иметь минимальные токи утечки в радиометрической головке, а также во входных цепях предварительного каскада электронного усилителя, т. е. все эти узлы должны иметь высокое удельное сопротивление  $\rho$ . Необходимые свойства получены за счет применения навесного монтажа и печатных плат на основе керамики. Преобразователь ПТН построен на основе операционного МДМ-усилителя, который позволяет измерять токи на уровне  $10^{-12}$  А.

Для обеспечения измерений потока излучения в широком динамическом диапазоне в УФР имеется переключатель на пять положений, который устанавливает необходимый коэффициент преобразования ПТН. Постоянное выходное напряжение ПТН масштабируется таким образом, чтобы на выходе АЦП-1 и АЦП-2 обеспечивалось соответствие показаний, а на цифровом табло производился прямой отсчет величины потока в Вт/см<sup>2</sup>.

На рис. 4 показан внешний вид разработанного радиометра типа УФР-1Л, а его технические характеристики приведены в ниже.

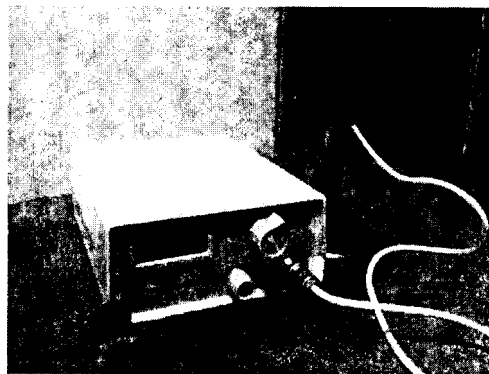


Рис. 4. Внешний вид УФР-1Л

## Основные технические параметры УФР-1Л

Спектральный диапазон, нм.....	300—400
Диапазон измерений энергетической освещенности, Вт/см <sup>2</sup> .....	1·10 <sup>-10</sup> —2·10 <sup>-4</sup>
Нелинейность энергетической характеристики чувствительности, % .....	≤2
Основная погрешность измерения, % ...	≤10
Дополнительная температурная погрешность, %/°С .....	≤0,3

Применение соответствующих нейтральных ослабителей позволяет расширить диапазон измерения энергетической освещенности до 2 Вт/см<sup>2</sup>.

## Выводы

1. Разработан измеритель мощности излучения ближней части УФ-диапазона с высоким

значением крутизны коротковолнового края поглощения и с неравномерностью спектральной чувствительности не более 5 % в спектральном диапазоне 300—400 нм.

2. Изготовлены, испытаны и аттестованы промышленные образцы УФР, которые успешно эксплуатируются по прямому назначению.

## Литература

1. Измеритель мощности оптического излучения "Кварц-01"// Каталог "Фотоприемники и фотоприемные устройства". — Черновцы: ОАО "Кварц", 2003. С. 98.
2. 2930-C Dual-Channel Optical Power Meter// Euro-photonics.- October/November 2002. P. 114.
3. Криксунов А. З. Справочник по приборам инфракрасной техники.: Киев: Техника, 1980. — 232 с.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

## Power meter of radiation of a short-range part of UV-range

A. A. Ashcheulov, V. K. Butenko, I. V. Doktorovich, A. H. Dunayenko, V. D. Fotiy  
Photon-Quartz Design & Production, Chernivtsi, Ukraine

*The design and characteristics of UV-radiometer which operate in 300—400 nm spectral band with irregularity of spectral sensitivity not more than 5 % are considered.*

УДК 532.523.32:621.382(088.8)

## Механическая прочность термоэлектрического модуля Пельтье при его односторонней фиксации

А. А. Ащеулов, Ю. Г. Добровольский  
Институт термоэлектричества НАН и МОН Украины, г. Черновцы, Украина

И. С. Романюк  
КТБ "Фотон-Кварц", г. Черновцы, Украина

*Проанализированы нормальные составляющие механических напряжений ветвей термоэлектрического модуля Пельтье (ТЕМ) в случае односторонней фиксации его рабочей (горячей) грани. Показано, что их величина в 2,5—3 раза меньше аналогичных напряжений ветвей ТЕМ с двухсторонней фиксацией.*

В реальных условиях эксплуатации благодаря влиянию различных рабочих режимов, перепадов температуры, а также ряда технологических и конструкционных особенностей термоэлектрические модули Пельтье (ТЕМ) [1, 2] находятся под воздействием значительных статических и динамических механических напряжений [3, 4]. Это в некоторых случаях приводит к нарушению целостности конструкции изделия, что проявляется в механических повреждениях, ведущих в конечном итоге к существенному ухудшению электрического и теплового контактов, вплоть до их полной потери. Поэтому актуальны вопросы предварительной оценки механической

прочности элементов конструкции ТЕМ, а также анализа и выявления причин возможных отказов.

В работе [5] проведена оценка нормальных составляющих механических напряжений ветвей ТЕМ в случае двухсторонней фиксации рабочих граней. Показано, что величина напряжений ветвей в пределах каскада при перепаде температуры 40 К находится в интервале 28—43 МПа. Следует отметить, что суммарная величина этих напряжений в пределах всей конструкции ТЕМ значительно выше.

Реально чаще всего используется случай односторонней фиксации ТЕМ, как правило, его горячей грани. Холодная грань остается свобод-